

## ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТОУПРУГОГО ЭФФЕКТА ФЕРРОМАГНИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ МАЛОЦИКЛОВОЙ НАГРУЗКЕ С ПОМОЩЬЮ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Смирнов Н.А.<sup>\*</sup>, Ельцова С.М., Мухаматуллин Р.З.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

\*E-mail: [alsm.nikita@mail.ru](mailto:alsm.nikita@mail.ru)

## RESEARCH THE MAGNETOELASTIC EFFECT OF FERROMAGNETIC DETAILS UNDER LOW-CYCLE MECHANICAL STRESSES USING WAVELET TRANSFORM

Smirnov. N.A.<sup>\*</sup>, Yeltsova S. M., Mukhamatullin R. Z.

Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

Magnetoelastic effect in ferromagnets under low-cycle mechanical stresses. Wavelet transform as a method of increasing the sensitivity of electromagnetic control methods to changes in the physical and mechanical properties of steels.

На практике ферромагнитные детали машин, механизмом, а также металлические конструкции эксплуатируются в условиях циклических нагрузок, амплитуда которых имеет широкий диапазон, превышающий не только предел выносливости, но и предел текучести материала. Такой режим работы приводит к разрушению структуры стали, потери прочности, деформации и выходу детали из строя. Это не только существенно затрудняет изучение сопротивления усталости, прогнозирование долговечности и определение остаточного ресурса, но и требует огромного экспериментального материала. Применение методов неразрушающего контроля и исследование магнитоупругих свойств ферромагнетиков позволяет приблизиться к пониманию физический основ явления усталости материала. В работе [1] описан эксперимент, в результате которого был произведен вейвлет-анализ магнитоупруго сигнала, полученного при циклических нагрузках, образцов из стали 30Х13 с разной температурой отпуска. В ходе проведенного анализа было установлено, что построенные карты горизонтального рельефа вейвлет-коэффициентов значительно изменяются от величины механических напряжений и температуры отпуска, а также зависят от номера цикла нагрузки.

В данной работе полученные вейвлет-коэффициенты  $Z$  подвергались дальнейшей обработке, исследовалась их связь с нагрузкой и температурой отпуска. Были построены зависимости максимальных  $Z_{max}$  и минимальных  $Z_{min}$  вейвлет-коэффициентов от номера цикла  $N$  для каждой амплитуды нагрузки, а также их разности  $(Z_{max} - Z_{min})$  от номера цикла механических напряжений  $N$ :  $Z_{max} = f(N)$ ;  $Z_{min} = f(N)$ ;  $(Z_{max} - Z_{min}) = f(N)$ .

Наибольший интерес представляет зависимость  $(Z_{max} - Z_{min}) = f(N)$ , пример которой представлен на рисунке 1. Данный параметр чувствителен к

нагрузке и изменяется обратно пропорционально ей: с увеличением нагрузки разность максимального и минимального значений вейвлет-коэффициентов убывает.

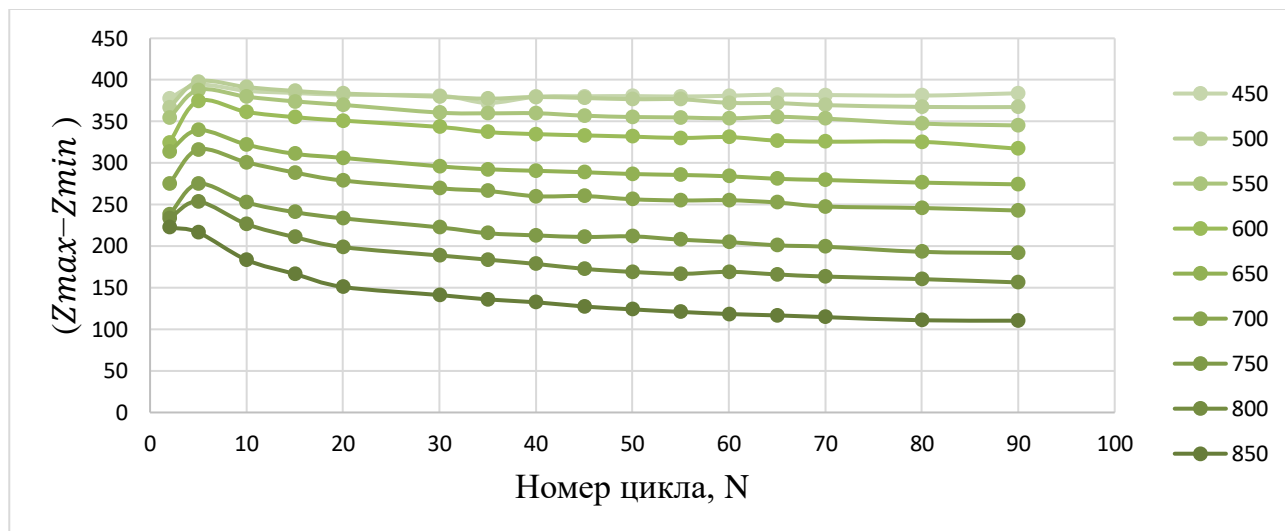


Рис. 1. Зависимость  $(Z_{\max} - Z_{\min}) = f(N)$  магнитоупругого сигнала образца стали 30X13, отпущенного при температуре 450 °C

Анализ зависимости максимальных и минимальных вейвлет-коэффициентов от температуры отпуска стали показал, что данные коэффициенты слабо зависят от температуры отпуска, что может быть обусловлено неправильным режимом термообработки образцов стали 30X13.

1. Смирнов Н. А., Новые технологии – нефтегазовому региону, том 3, С. 193-196 (2018)